

## Perlengkapan penanganan mekanis kontinu Peraturan disain - konveyor apron



Simbol	Keterangan	Satuan	Simbol	Keterangan	Satuan
$F_R$	Tahanan gesek	N	$\beta_{dyn}$	Sudut dinamis dari tiabunan material curah pada bakipan	-
$F_S$	Tahanan khusus	N	$\delta$	Sudut kemiringan konveyor	-
$F_{Sl}$	Tahanan karena kemiringan	N	$\eta_{Fes}$	Efisiensi antara motor dan roda rantai	-
$F_U$	Gaya keliling dari roda	N	$\mu_H$	Nilai gesekan antara material yang diangkut dan pelat pembungkus	-
$F_V$	<i>Gaya</i> Tahanan tarik awal per tali (strand)	N			
$g$	Percepatan gravitasi	m/s <sup>2</sup>	$\mu_L$	Koefisien gesek bantalan	-
$h$	Tinggi pengisian	m	$C$	Kerapatan material curah yang diangkut	kg/m <sup>3</sup>
$h_1$	Tinggi penampang lintang yang diangkut	m	$P_{eq}$	Kerapatan linier dari material yang diangkut	kg/m
$h_2$	Tinggi pemisah baki (pan) yang bersebelahan	m	$P_{ek}$	Kerapatan linier dari rantai konveyor	kg/m
$h_3$	Tinggi sisi samping baki (pan)	m	$P_{ero}$	Kerapatan linier dari rol angkut sebelah atas yang terpasang pada struktur	kg/m
$H$	Tinggi angkut konveyor (positif-naik, negatif-turun)	m			
$k$	Faktor pengurangan kemiringan	-	$P_{eru}$	Kerapatan linier dari rol angkut sebelah bawah yang terpasang pada struktur	kg/m
$l$	Panjang perjalanan antara pelat pembungkus (skirting-lac)	m	$\phi$	Faktor pengisian	-
$L$	Jarak pusat konveyor	m	$\omega$	Kecepatan sudut dari roda rantai	rad/s
$L_1$	Panjang segitiga konveyor	m			

### 3. KECEPATAN ALIR

#### 3.1. Kecepatan alir volume untuk angkutan material curah secara kontinu (untuk konveyor apron dan konveyor pan).

Kecepatan alir volume  $q_v$  adalah perkalian dari kecepatan angkut  $v$  kali penampang lintang dari pengisian.

$$A. Q_v = VA$$

#### 3.2. Kecepatan alir volume dalam angkutan pulsa dari material curah (konveyor apron dengan pelat-pelat lengkung atau pelat flensa).

Kecepatan aliran volume  $q_v$  adalah perkalian dari volume pengisian  $V$  dari masing-masing pan dengan



## PERLENGKAPAN PENANGANAN MEKANIS KONTINU PERATURAN DISAIN - KONVEYOR APRON

### 1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi, simbol dan satuan, kecepatan alir, akibat gerakan daya penggerak yang diperlukan dan tarikan rantai.

### 2. SIMBOL DAN SATUAN

Simbol dan satuan perlengkapan penanganan mekanis yang terus menerus-konveyor apron-peraturan disain seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel

Simbol	Keterangan	Satuan	Simbol	Keterangan	Satuan
$a$	Jarak antara pan	m	$q_{st}$	Massa rata-rata dari beban unit	kg
$q_{st}$	Jarak rata-rata dari beban unit	m	$N$	Jumlah gigi pada roda rantai	-
$a$	Pemasangan lintang pengisian	$m^2$	-		
$a_{th}$	Isian pemasangan lintang teoritis	$m^2$	$P_A$	Daya penggerak pada roda rantai	W
$b$	Lebar material pengangkut	m	$P_{Hst}$	Daya motor	W
$b_1$	Ruang terbuka dari corong pengisi	m	$Q_a$	Aliran massa	kg/s
$B$	Lebar konveyor	m	$Q_{st}$	Jumlah aliran beban	unit/s
$c$	Koefisien gesek pelinding pada rol berflensa	-	$Q_v$	volume aliran	$m^3/s$
$e$	lengan luas gesek	$mm$	$r$	Radius pivot dari rol, bergerak atau tetap	$mm$
$f$	Koefisien gesek busan	-			
$F_{dyn}$	Gaya tarik rantai dinamis	N	$R$	Jari-jari luar dari rol, bergerak atau tetap	$mm$
$F_H$	Tahanan/hambatan utama	N	$t$	Jarak bagi rantai	m
$F_W$	Gaya tarik rantai maksimum	N	$v$	Kecepatan angkut (kecepatan rantai)	m/s
$F_{W1}$	Gaya tarik rantai maksimum dalam pemakaian normal	N	$V$	Volume pengisian setiap pan	$m^3$
$F_{W2}$	Gaya tarik rantai maksimum saat dihidupkan	N	$V_{th}$	Volume pengisian teoritis dari pan	$m^3$
$F_W$	Tahanan/hambatan sekunder	N	$\Phi$	Sudut maksimum kemiringan perancangan dari material curah	-



kecepatan angkut  $v$  dibagi jarak  $a$  yang memisahkan pan-pan tersebut :

$$q_v = V \frac{v}{a} \dots (2)$$

### 3.3. Kecepatan Alir Beban Unit

Kecepatan alir beban unit  $q_{st}$  adalah sama dengan kecepatan transportasi  $v$  dibagi jarak rata-rata  $a_{st}$  yang memisahkan beban-beban unit tersebut :

$$q_{st} = \frac{v}{a_{st}} \dots (3)$$

### 3.4. Kecepatan Alir Massa

Kecepatan alir massa  $q_m$  adalah perkalian dari kecepatan alir volume  $q_v$  dengan kerapatan  $\rho$ , atau kecepatan alir beban unit dikali massa beban unit :

$$q_m = q_v \rho \text{ untuk angkutan material curah} \dots (4)$$

$$q_m = q_{st} m_{st} \text{ untuk angkutan beban unit} \dots (5)$$

### 3.5. Penampang Melintang Pengisian serta Volume Pengisian untuk Angkutan Material Curah

Untuk angkutan mendatar, penampang lintang pengisian secara teoritis  $A_{th}$  atau volume pengisian  $V_{th}$  untuk bentuk-bentuk konstruksi yang berlainan, dihasilkan dari dimensi-dimensi geometris dari komponen-komponen yang mengangkutnya dan dari sudut kemiringan permukaan material curah tersebut.

Akan tetapi dalam praktek, nilai-nilai tersebut tidak dicapai secara tetap, karena pada umumnya orang tidak berhasil memberi muatan pada konveyor secara lengkap, teratur dan tetap.

Pengaruh dari beban yang tidak lengkap atau tidak teratur dijadikan bahan pertimbangan dengan faktor pengisian  $\varphi$ .

Dalam hal konveyor naik atau turun, pengisian konveyor yang mungkin akan berkurang karena adanya sudut kemiringan. Pengaruh kemiringan ini diperhitungkan faktor reduksi  $k$  bergantung pada sudut kemiringan  $\alpha$ .



### 3.5.1. Penampang melintang pengisian dari konveyor pelat apron datar

Penampang lintang pengisian secara teoritis adalah seperti segitiga sama-kaki (lihat Gambar 1), alas  $b$  (lebar yang mengangkut material) sedikit lebih kecil daripada lebar konveyor ( $B$ ) apron, dan sudut-sudut kaki sama besarnya dengan sudut dinamis timbunan ( $\beta_{dyn}$ ) dari material curah.

Pengangkutan material curah pada pelat konveyor apron yang datar menurut Gambar 1 terbatas pada kasus-kasus yang sangat jarang terjadi.

Dengan  $b = 0,9B - 0,05$  ... (6)  
didapat :

$$A_{th} = \frac{b^2}{4} \tan \beta_{dyn} \quad \text{dan} \quad \dots (7)$$

$$A = k \frac{b^2}{4} \tan \beta_{dyn} \quad \dots (8)$$

$A_{th}$  dan  $A$  dinyatakan dalam meter persegi.

Sudut dinamis timbunan dalam keadaan yang normal, boleh ditampilkan untuk nilai yang sama dengan setengah sudut kemiringan permukaan  $\beta$ .

Konveyor pelat apron datar yang mengangkut material curah sepanjang pelat samping sebagai pemisah sisi dari corong pengisi (misalnya konveyor pelat apron datar seperti silo tapping plants) bisa mencapai penampang lintang angkut yang jauh lebih besar, sebagai akibat ruang terbuka dari corong pengisi  $b_1$  dan dari tingginya penampang melintang angkut  $h_1$  (lihat gambar 3).

$$A = K. A_{th} = K.b_1 h_1 \quad \dots (9)$$

### 3.5.2. Penampang melintang pengisian dari konveyor dengan pelat apron lengkung dengan sisi-sisi.

Penampang melintang secara teoritis dibuat dari segi-tiga dengan lebar  $B$  dan tinggi pengisian  $h$ , demikian pula dari segi-tiga dengan alas  $B$  dan sudut-sudut kaki  $\beta_{dyn}$  (lihat gambar 2).

Dengan :  $h = h_g - 0,05$  ... (10)  
didapat :



$$A_{th} = Bh + \frac{B^2}{4} \tan \beta_{dyn} \quad \dots (11)$$

$$\text{dan } A = Q \left[ hB + k \frac{B^2}{4} \tan \beta_{dyn} \right] \quad \dots (12)$$

$A_{th}$  dan  $A$  dinyatakan dalam meter persegi.

### 3.5.3. Penampang melintang pengisian atau volume pengisian untuk konveyor dengan pelat lengkung atau pelat flensa.

Jika sudut kemiringan  $\zeta$  lebih kecil daripada sudut maksimum kemiringan material curah  $\beta$ , maka penampang lintang pengisian, bisa diperhitungkan sebagaimana konveyor dengan pelat apron lengkung dengan sisi-sisi (untuk  $\zeta = \beta$ ,  $k = 0$ ).

Jika sudut kemiringan  $\zeta$  lebih besar dari sudut maksimum kemiringan material  $\beta$ , maka volume pengisian dari pan (lihat Gambar 4) harus diperhitungkan, yaitu :

$$V_{th} = B \left[ ah_2 - \frac{a^2 \tan(\zeta - \beta)}{2} \right] \quad \dots (13)$$

dan

$$V = QB \left[ ah_2 - \frac{a^2 \tan(\zeta - \beta)}{2} \right] \quad \dots (14)$$

### 3.5.4. Faktor pengisian dan faktor pengurangan

Faktor pengisian bergantung pada sifat-sifat material curah dan khususnya pada kondisi pengisian dari konveyor apron.

Pada umumnya bernilai antara 0,5 sampai 1, dan dalam hal khusus boleh diperkirakan.

Nilai-nilai untuk faktor pengurangan  $k$  dimuat dalam Tabel 1.

### 3.6. Kecepatan Pengangkutan

Kecepatan pengangkutan  $v$  adalah identik dengan kecepatan rantai. Untuk mempertahankan tekanan-tekanan dinamis, cepatnya pengausan dan tingkat kebisingan yang jadi dalam batas-batas yang terjadi, dianjurkan agar tidak memilih kecepatan tersebut terlalu tinggi.



Untuk jarak bagi rantai sampai 200 mm dan dalam hal ada jumlah gigi yang lebih dari 10, maksimum yang diizinkan adalah :

$v \approx 0,6$  sampai  $0,8$  m/s untuk mata rantai datar dan  $v \approx 1,2$  sampai  $1,5$  m/s untuk mata rantai baja bundar.

Untuk konveyor apron yang normal, kecepatan kerjanya umumnya lebih rendah.

Untuk angkutan beban unit, kecepatan biasanya tidak melebihi  $0,4$  m/s.

#### 4. TAHANAN AKIBAT GERAKAN

Gaya keliling,  $F_U$  yang akan ditransmisi oleh roda-roda gerak terus ke rantai, berada dalam kesimbangan dengan tahanan-tahanan yang disebabkan oleh gesekan dan oleh kemiringan,  $F_R$  dan  $F_{St}$ .

$$F_U = F_R + F_{St} \quad \dots (15)$$

##### 4.1. Tahanan Kemiringan

Tahanan yang disebabkan oleh kemiringan,  $F_{St}$ , adalah akibat dari ketinggian  $H$  dan beban per bagian  $\gamma G$  dari material yang diangkut, dengan memperhatikan percepatan gravitasi  $g$  :

$$F_{St} = H \cdot \gamma G \cdot g \quad \dots (16)$$

Dalam hal pengangkutan turun  $H$  dan  $F_{St}$  menjadi negatif, yaitu  $F_{St}$  berjalan dalam arah yang berlawanan dengan  $F_R$ . Dalam keadaan yang ekstrim,  $F_U$  bisa juga menjadi negatif, yaitu konveyor tidak perlu digerakkan, tapi direm.

Beban per bagian  $\gamma G$  dari material yang diangkut dihitung dari kapasitas massa  $q_m$  dari kecepatan angkutan  $v$ .

$$\gamma G = \frac{q_m}{v} \quad \dots (17)$$

sehingga berlaku :

$$F_{St} = \frac{H q_m g}{v} \quad \dots (18)$$



## 4.2. Tahanan Gesekan

Seluruh tahanan yang disebabkan oleh gesekan  $F_R$  terdiri dari tahanan-tahanan bagian yang berlain-lainan karena adanya gesekan.

$$F_R = F_H + F_N + F_S \quad \dots (19)$$

### 4.2.1. Tahanan utama $F_H$

Tahanan utama,  $F_H$ , terjadi karena gerakan operasi dari untalan atas dan bawah, pada jarak penarikan bolak balik. Dihitung dari perkalian seluruh gaya normal yang efisien dan koefisien gesek buatan yang terkait,  $f$

$$F_H = f_g \left[ L (\rho_{eRo} + \rho_{eRu} + 2 \rho_{eK} \cos \gamma + L_1 \sin \gamma \cos \gamma) \right] \quad \dots (20)$$

Panjang  $L_1$  dari bagian konveyor yang dibebani pada umumnya bisa ditampilkan pada nilai yang sama dengan jarak pusat  $L$  dari konveyor.

Untuk  $\gamma < 15^\circ$  kita dapat menganggap bahwa :  $\cos \gamma = 1$ .

Koefisien gesek buatan  $f$ , boleh diperkirakan menurut tabel 2 atau dihitung kira-kira dengan gesekan gelinding dan gesekan dalam bantalan, yang timbul dalam rol pengangkut atau dalam roda:

$$f = c \frac{e + \mu_z r}{R} \quad \dots (21)$$

Dengan Tuas gesek  $e$ , dengan anggapan baja di atas baja dan permukaan yang bersih, adalah kira-kira :  $e = 0,5 \text{ mm}$ .

Nilai-nilai untuk koefisien gesekan dalam bantalan  $\mu_z$  ditunjukkan dalam Tabel 3.

Koefisien  $c$  memperhitungkan gesekan yang disebabkan oleh rel pengarah (pada bahu roda atau flensa). Selalu lebih besar dari 1 dan umumnya kira-kira  $c = 1,1$  sampai  $1,2$ .

### 4.2.2. Tahanan sekunder $F_N$

Tahanan sekunder  $F_N$  disebabkan oleh gesekan kumpulan rantai maupun antara mata rantai dan roda-roda rantai, saat rantai itu berjalan



melewati roda-roda rantai, juga di dalam bantalan roda rantai, dan jika terjadi oleh gesekan di dalam alat defleksi rantai. Dalam hal konveyor apron dengan  $v_0$  yang bergerak, umumnya relatif kecil dan bisa dipertimbangkan dalam bentuk kelonggaran :

$$F_N \approx 0,05 F_H \text{ sampai } 0,1 F_H \quad \dots (22)$$

Dalam hal konveyor apron dengan idler yang dipasang pada struktur pendukung, gesekan di dalam rantai menjadi tinggi dan tahanan  $F_N$  bisa menjadi tinggi, bergantung pada disain dan ruang antara idler, dan mencapai besar yang sama seperti tahanan utama  $F_H$ .

- 4.2.3. Tahanan khusus  $F_S$   
Tahanan khusus  $F_S$  dihasilkan apabila material yang diangkut harus bergerak di sepanjang pelat-pelat pembungkus dari corong pengisi atau alat-alat pengarah produk.

Dapat dihitung untuk angkutan material curah yang lepas :

$$F_S = \frac{1}{2} W \frac{q^2 v^2 g_c}{v^2} \quad \dots (23)$$

Rumus ini didasarkan atas hipotesis berikut ini:

- penampang-lintang dari material yang diangkut adalah empat persegi panjang (lihat Gambar 3).
- gesekan bagian dalam dari material yang bergerak itu diabaikan.

Koefisien gesek  $\mu_w$  antara material yang diangkut dan pelat-pelat pembungkus bergantung pada sifat dari kedua material tersebut.  
Biasanya  $\mu_w = 0,5$  sampai  $0,7$ .

## 5. DAYA PENGGERAK YANG DIPERLUKAN

Daya penggerak  $P_A$  pada roda rantai adalah :  $\dots (24)$

$$P_A = F_{UV}$$

Daya motornya adalah :

$$P_{Mot} = \frac{P_A}{\eta_{ges}} \quad \dots (25)$$

Efisiensi  $\eta_{ges}$  antara motor dan roda rantai bergantung pada konfigurasi dari montasi penggerak.



## 6. TARIKAN RANTAI

Tarikan rantai terbentuk atas gaya keliling  $F_U$  dari gaya turun yang disebabkan oleh berat rantai itu sendiri, dari tarikan mula setiap untai  $F_V$ , dalam beberapa hal diperlukan untuk alasan operasi, dan dari tarikan rantai dinamis yang digabung  $F_{dyn}$  sebagai akibat dari efek poligonal gerakan rantai.

Dalam operasi nominal dan pada beban maksimal, berlaku :

$$F_{K1} = F_U + \rho/KgH + F_V \pm F_{dyn} \quad \dots (26)$$

Tarikan mula  $F_V$  untuk mempertahankan ketegangan rantai harus dipilih sedemikian rupa agar rantai itu tidak menjadi kendor apabila meninggalkan roda rantai, yang mungkin dapat menimbulkan kesulitan.

Tarikan rantai dinamis diperoleh dari massa yang bergerak dan dari percepatan rantai yang maksimal, yaitu :

$$F_{dyn} = \frac{\omega^2 t}{2} (2' \rho L + L_1 G) \quad \dots (27)$$

Agar tarikan rantai dinamis itu tetap berkurang, jarak bagi rantai dan kecepatan sudut yang kecil harus diambil.

$$\omega = \frac{2\pi v}{tN} \quad \text{dari roda-roda rantai,} \quad \dots (28)$$

dengan :  $t$  = jarak bagi rantai

$N$  = banyaknya gigi pada roda rantai.

Apabila mesin dihidupkan, tarikan rantai  $F_{K2}$  didapat dari torsi motor dan dari jumlah semua massa yang akan dipercepat.  $F_{K2}$  lebih besar daripada  $F_{K1}$ , tapi dihasilkan hanya untuk periode yang singkat.

Menurut konfigurasi gerak, daya menghidupkan mesin  $F_{K2}$  harus diperhitungkan apabila memilih rantaunya. Perhitungan yang akurat adalah berlebihan dalam beberapa hal.





**BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN**  
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4  
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270  
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : [bsn@bsn.go.id](mailto:bsn@bsn.go.id)